Beiträge zur Röstung und Aufbereitung der Siegerländer Spateisensteine.

Dissertation

zur

Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs.

Vorgelegt von

Dipl.-Ing. Wilhelm Harnickell
aus Cochem a. d. Mosel.

Genehmigt von der Königl. Techn. Hochschule zu Breslau.

Referent: Professor Simmersbach.
Korreferent: Professor Friedrich.

Düsseldorf
Verlag Stahleisen m. b. H.
1912

4630I.

Beiträge zur Röstung und Aufbereitung der Siegerländer Spateisensteine.

Dissertation

zur

Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs.

ACAD. INGD. BAT. BIBL.

Vorgelegt von

Dipl.-Ing. Wilhelm Harnickell

aus Cochem a. d. Mosel.

Genehmigt von der Königl. Techn. Hochschule zu Breslau.

Referent: Professor Simmersbach.

Korreferent: Professor Friedrich.

Düsseldorf

Verlag Stahleisen m. b. H.

1912

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549813_0068

Die Spateisensteine, im besonderen die des Siegerlandes, werden von zwei Gesichtspunkten aus einer Röstung unterzogen, und zwar einmal, um das Erz nach weiter entfernten Hütten versandfähig zu machen, sodann auch besonders aus hüttentechnischen Gründen. Früher, vor hundert und mehr Jahren, als sicherlich noch kein Erz ausgeführt wurde, und das Austreiben der Kohlensäure zwecks Gewichtsverringerung nicht als der Grund des Röstens angenommen werden kann, hatte man doch bereits als zweckmäßig eingesehen, die Austreibung der Kohlensäure und das Verhütten auf Roheisen voneinander getrennt vorzunehmen. Ein Zerlegen der Karbonate kann nicht der alleinige Grund eines besonderen Röstens sein, da sich dieses viel billiger im Hochofen selbst bewerkstelligen ließe. Die Siegerländer Spate sind alle mehr oder weniger mit Kupferkies, Zinkblende und anderen Sulfiden durchsetzt und wegen des hohen Schwefelgehaltes nicht vorteilhaft verhüttbar, da bei den reduzierenden Gasen im Hochofen eine SO_2-Bildung und damit ein Entfernen des S nicht stattfinden kann. Die Erze müssen dazu vorher einer Röstung unter Luftüberschuß unterzogen werden. Ein weiterer Grund besteht in folgendem: Wird Spateisenstein unter Luftabschluß oder in reduzierender Atmosphäre zersetzt, so bildet sich nicht FeO und CO_2 nach der Gleichung $Fe\,CO_3 = FeO + CO_2$, sondern ein Teil von CO_2 tritt sofort mit FeO in Reaktion nach der Gleichung $2\,FeO + CO_2 = Fe_2O_3 + CO$. Es bildet sich ein Gasgemisch von CO und CO_2, ferner ein Eisenoxyd, dessen Sauerstoffgehalt in jedem Falle höher ist als der des FeO. Das Verhältnis von CO zu CO_2 und Fe_2O_3 zu FeO hängt gänzlich von der Temperatur ab, bei der sich das chemische Gleichgewicht einstellt. Es entsteht nicht etwa einfach Fe_6O_7 — Glühoxyd — oder gar Fe_3O_4, vielmehr irgend ein Oxyd, das sich Fe_2O_3 um so mehr nähert, je höher die Temperatur steigt; dementsprechend nimmt der CO-Gehalt mit wachsender Temperatur zu. Würde Spateisenstein in rohem Zustande im Hochofen verhüttet, so müßte der eben beschriebene Fall eintreten, es müßte ein oxydulreiches Erz verarbeitet werden, was, wie aus Erfahrung bekannt, sich schwerer reduzieren läßt als vorher zerlegter und zu Fe_2O_3 überoxydierter Spat. Aus diesem Grunde bleibt es zweckmäßig, das Erz einer getrennten Röstung unter Luftüberschuß zu unterziehen, wodurch bei richtigem Betrieb alles FeO zu Fe_2O_3 oxydiert wird.

Ursprünglich, auch noch zu Anfang des vorigen Jahrhunderts, röstete man im Siegerland den Spateisenstein in Stadeln oder Haufen. Der Spat wurde abwechselnd mit Holzkohle in flachen Haufen aufgeschichtet; zuweilen wurden auch noch Luftkanäle mit eingemauert, was den Betrieb jedoch wesentlich verteuerte. Die Röstdauer betrug ungefähr 12 Tage. Der Kohlenverbrauch war kein hoher, ungefähr 35 bis 40 Gewichtsteile auf 1000 Teile Rohspat. Mitte des vorigen Jahrhunderts wurde der erste gemauerte Röstofen errichtet (Fig. 1). Der Ofen, welcher aus Bruchsteinen gebaut war, besaß am Boden drei Oeffnungen zum Ziehen des Rostes. Obwohl drei Heizkanäle angebracht waren, wurde außerdem noch Holzkohle mit dem Rohspat aufgegeben. Von einer besonderen Heizung sah man bald wieder ab, und es entwickelten sich jetzt nebeneinander eine Menge von Rostöfen, von denen heute noch einige im Betrieb sind. Im Jahre 1869 wurde der erste Ofen mit feuerfesten Steinen ausgemauert, vorher fanden gewöhnliche Ziegelsteine dazu Verwendung, vor 1860 nur Bruchsteine.*

Sehr große Verbreitung hatte lange Zeit ein Ofen (Fig. 5), der gerne als Siegerländer Röstofen bezeichnet wird, aber eine sehr unglückliche Konstruktion besitzt und so seinem Namen wenig Ehre macht. Anfang der 90er Jahre wurden auf der Hütte des Cöln-Müsener Bergwerks-Aktienvereins neue Ofenprofile eingeführt, womit für die Siegerländer Röstöfen eine andere Zeit anbrechen sollte. Bisher verjüngte sich der Ofenschacht nach unten oder er war anfangs zylindrisch, lief aber dann konisch zu. Die neuen Oefen verjüngten sich nicht nach unten, waren vielmehr am Ende des Schachtes weiter wie an der Gicht, ferner besaßen die Oefen einen Auflockerungskegel. Bald darauf ging man weiter und gab den Oefen ein dem Hochofen ähnliches Profil. Gleichzeitig wurden auf anderen Gruben Oefen gebaut, deren Schacht einfach zylindrisch verläuft, mit und ohne Kegel. In jüngster Zeit werden Oefen ausgeführt, deren oberer Schachtteil sich nach unten konisch erweitert und von da ab zum Ende zylindrisch verläuft.

Ehe die einzelnen Ofentypen auf ihre Zweckmäßigkeit hin verglichen werden, sei kurz das zu röstende Material betrachtet. Der Siegerländer Spat ist sehr weich. Das Grubenklein, die Stücke von 65 mm abwärts, machen ungefähr 25 bis 30 % des

* Knaff, Die Geschichte der Siegerländer Eisenindustrie.

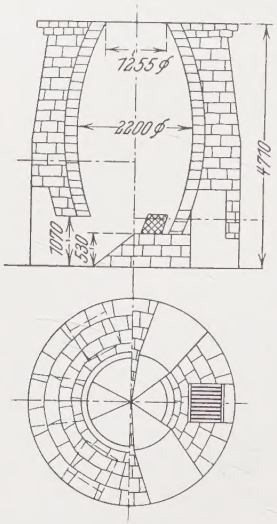


Fig. 1.

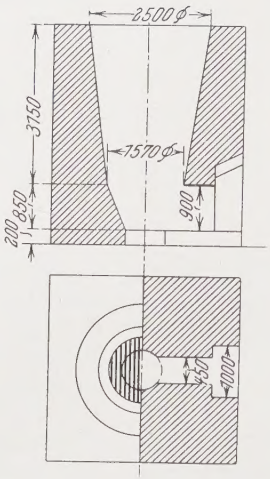


Fig. 2.

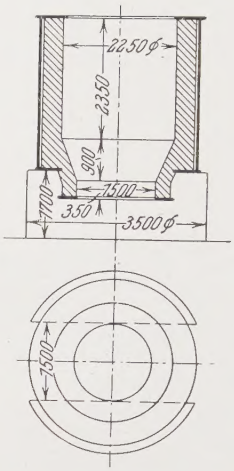


Fig. 3.

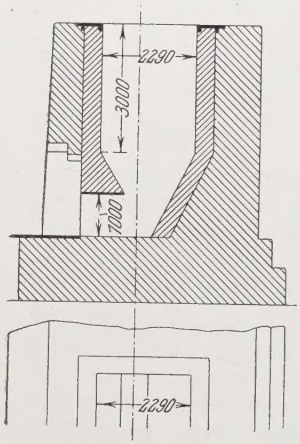


Fig. 4.

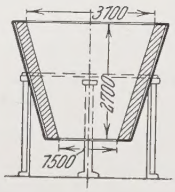


Fig. 5.

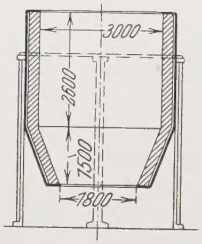


Fig. 6.

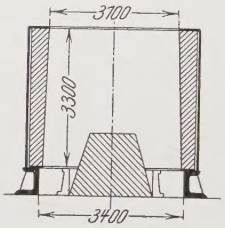


Fig. 7.

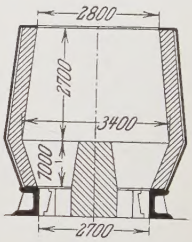


Fig. 8.

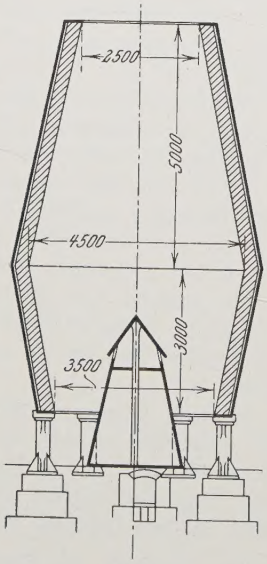


Fig. 9.

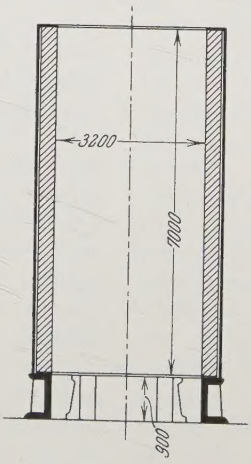


Fig. 10.

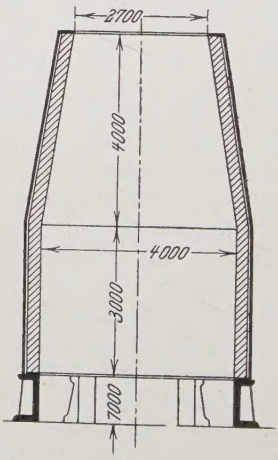


Fig. 11.

gesamten Fördergutes aus. Je größer die Erzstücke sind, um so besser lassen sich dieselben rösten. Kleinkristalline und mit etwas Gangart durchwachsene Stücke eignen sich besser für den Röstbetrieb als reine Stücke mit großen Rhomboëderflächen, die beim Erhitzen in kleine Teile zerspringen und leicht den Ofen zusetzen. Zu besserer Brennbarkeit trägt ferner ein hoher Gehalt an Sulfidschwefel bei. Der Zweck der Röstung besteht, wie bereits erwähnt, darin, die Kohlensäure und den Schwefel zu vertreiben, ferner aber auch sämtliches FeO auf den höchsten Oxydationsgrad Fe_2O_3 zu bringen. Da beim Verbrennen des FeO zu Fe_2O_3 und S zu SO_2 ziemlich viel Wärme entwickelt wird, so sintern und schmelzen leicht große Klumpen zusammen, die einmal nicht ganz oxydiert und sich wegen ihrer Dichte für den Hochofen weniger eignen, sodann aber auch leicht den Ofen zum Hängen oder Schiefgehen bringen können, ganz abgesehen davon, daß dieselben schwierig aus dem Ofen zu entfernen sind. Das Röstprodukt selbst soll nicht mehr dieselbe Struktur besitzen, wie der Rohspat, und soll von stahlgrauer Farbe sein.

Ein Zusammenschmelzen des Röstgutes läßt sich auch bei dem sorgfältigsten Betrieb nicht immer verhindern, da das aufgegebene Rohmaterial oft in der Qualität schwankt. Von wesentlichem Einfluß auf das Sintern ist die Konstruktion des Ofens. Am ungünstigsten von diesem Gesichtspunkte aus arbeiten die einfach konischen Oefen. Das Material lockert sich beim Heruntergehen nicht auf, wird vielmehr eng zusammengedrückt und es bildet sich leicht eine einzige geschmolzene Masse, die äußerst schwierig aus dem engen unteren Ofenteil zu entfernen ist. Besser arbeiten bereits die zylindrischen Oefen, die am unteren Ende konisch zulaufen. Da das eigentliche Röstfeuer nach Möglichkeit stets im oberen Drittel des Ofens sein soll, so stellen sich die Bedingungen zum Zusammenschmelzen im zylindrischen Teile nicht so günstig; tritt dieser Fall doch ein, so ist das geschmolzene Gut aus dem unteren sich verjüngenden Teile schwierig zu entfernen, kommt der Ofen zum Hängen, dann beschädigen beim Heruntergehen die Massen die untere Konstruktion des Ofens zuweilen beträchtlich. Hingegen erleichtert der untere konische Teil ein gleichmäßiges Ziehen des Rostspates. Außerdem soll derselbe noch einen anderen Vorteil besitzen. Die meisten Siegerländer Röstanlagen befinden sich unmittelbar bei der Grube in kleinen Seitentälern versteckt. Bei dunstigem Wetter brennen die Oefen schlecht, und die Röstzone rückt immer mehr herunter. Kommt dieselbe bis in den konischen Teil, so wird hier nochmals sämtliches Feuer konzentriert und ein teilweises oder gänzliches Ausgehen des Ofens verhindert. Die zweckmäßigsten Formen eines Röstofens sind wohl zylindrische (Fig. 10), sich nach unten konisch erweiternde (Fig. 7), doppelkonische (Fig. 8 u. 9) oder auch konisch-zylindrische (Fig. 11). Bei den Oefen, die sich anfangs erweitern, wird das Material gut aufgelockert, ferner kommt ein Hängen des Ofens kaum vor. Die doppelkonische Form (Fig. 8 und 9) besitzt dieselben Vorzüge, dazu ermöglicht die Verengung am unteren Teile des Ofens ein gleichmäßiges Ziehen des Röstgutes, wodurch ein Schiefgehen leichter verhindert wird. Die Kegel, wie sie in Fig. 7, 8 und 9 ersichtlich sind, haben den Zweck, das Material aufzulockern und so der Verbrennungsluft die nötigen Querschnitte freizulegen; sie sind besonders bei Oefen mit größerem Durchmesser zweckmäßig angebracht. Bilden sich größere geschmolzene Massen, so lassen sich dieselben schwieriger aus diesen Oefen herausbringen als bei Oefen ohne Kegel. Bei den neuesten Anlagen werden jetzt wieder einfache zylindrische Profile vorgesehen, außerdem zylindrisch-konische (Fig. 11). Gemauerte Oefen (Fig. 4), von denen mehrere in eine Mauer eingebaut sind, sollen nicht so leicht Wärme abgeben, als die einzeln dastehenden runden Oefen mit Eisenblechbekleidung. Die Höhe der Oefen geht bis zu 9 m; sehr oft ist die Höhe beschränkt infolge der bereits bestehenden Anlagen.

Der Brennstoffverbrauch hängt in nur geringem Maße von der Konstruktion des Röstofens ab, als vielmehr von der Beschaffenheit der Erze. Es wurde oben bereits erwähnt, daß sich großstückige, sulfidische Erze am besten für den Röstprozeß eignen. Von wesentlichem Einfluß ist auch die Art, in der der Rohspat aufgegeben wird. Findet vorher eine mechanische Aufbereitung und damit eine sorgfältige Klassierung statt, so läßt sich der Rohspat zweckmäßig in der Weise aufgeben, daß zuerst die derben Stücke kommen, und daß dann das Grubenklein in der Reihe der Korngrößen folgt, so daß zuletzt das ganz heere Erz aufgegeben wird. Zwischendurch wird in dünnen Schichten Koksklein mit aufgegeben. Bei dieser Art des Röstens in gemauerten Oefen wurde der geringste Brennstoffverbrauch erzielt, und zwar mit 1,9 Gewichtsprozenten auf Rohspat bezogen oder 2,6 auf Rost bei einem Ausbringen von 73 %. Aus dem Ausbringen von 73 % ist ersichtlich, daß hier erstklassiges Material geröstet wurde, wenn man betrachtet, daß das theoretisch höchste Ausbringen bei einem Spat ohne Rückstand 70 % beträgt.

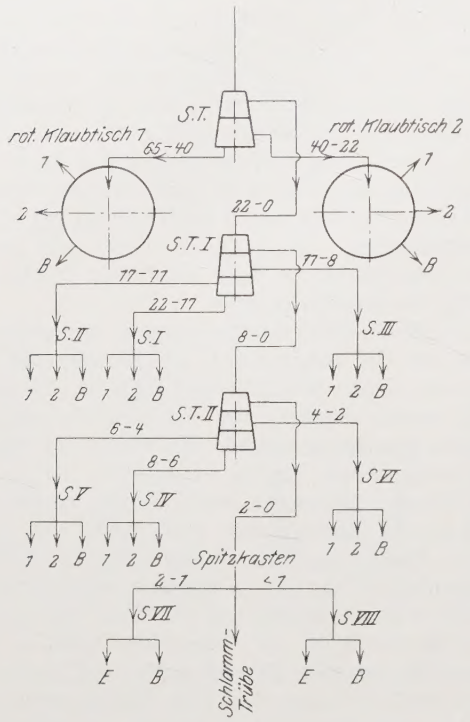
Im allgemeinen rechnet man im Siegerland mit einem Koksverbrauch von 3 bis 6 % auf Rohspat bezogen bei einem Ausbringen an Rost von 77 bis 78%, wobei mit einer vollständigen Oxydation des Fe zu Fe_2O_3 gerechnet wird. Die Arbeitslöhne belaufen sich auf ungefähr 30 bis 35 Pf. pro Tonne Rostspat.

Der theoretische Brennstoffverbrauch bei der Röstung von Spateisensteinen ohne Feuchtigkeitsgehalt ist kein bedeutender. Es sind nötig an WE, um 1 kg $FeCO_3$

anzuwärmen auf 500 °	91
zu zerlegen in $FeO + CO_2$	211
	302

Bei der Ueberoxydation des in einem Kilogramm enthaltenen FeO zu Fe_2O_3 werden 276 WE frei,

so daß bei dem ganzen Prozeß theoretisch nur ein Wärmeaufwand von 26 WE nötig ist. Ungünstig auf das Resultat dieser Rechnung wirkt die Annahme, daß kein Schwefel vorhanden ist und daß 100prozentiges Material vorliegt. Der Brennwert des verwendeten Kleinkokses betrage $\sim$ 5000 WE; es müßte dann eigentlich ein Brennstoffverbrauch von 0,5 bis 0,6 % auf Rohspat bezogen hinreichend sein. In Wirklichkeit wird aber diese untere Grenze nicht annähernd erreicht, was aus der Feuchtigkeit



Skizze 1.

des Materials und den Strahlungsverlusten zu erklären ist. Wesentlich höher gestaltet sich der Wärmeaufwand, wenn Spat unter Luftabschluß geröstet wird, wie dies im folgenden vorgeschlagen ist, da hier eine Wärmeeinnahme aus der Oxydation des FeO durch freien Sauerstoff nicht stattfindet, vielmehr CO_2 durch FeO zu O + CO zerlegt wird, was aber nur unter Wärmezufuhr von außen stattfindet.

Der Siegerländer Spateisenstein ist, wie erwähnt, meistens von Gangart nicht so rein, daß er ohne jede vorherige Aufbereitung vorteilhaft verhüttet werden könnte. Einst wurde diese Anreicherung auf der Halde mittels Hand und Auge vorgenommen, wobei nicht zu verhindern war, daß einmal das zu verhüttende Erz doch keinen sehr hohen Metallgehalt erhielt, auf der anderen Seite aber das Haldenmaterial ungefähr $^1/_3$ des gesamten Eisens und Mangans enthielt. Dieses Verfahren war so unvollkommen, daß einige Grubenverwaltungen vor einigen Jahren daran gingen, die alten Halden wieder aufzubereiten. Heute werden im Siegerland die Spate vorwiegend nach der naßmechanischen Methode angereichert, nebenher sieht man aber bereits in den letzten Jahren den elektromagnetischen Separator auf einigen Gruben in Tätigkeit. Man könnte die Siegerländer Aufbereitungsanlagen für Spateisensteine in vier Systeme einteilen, in naßmechanische für Rohspat, naßmechanische für Rostspat, elektromagnetische für Rostspat, Bauart Krupp und Bauart Humboldt. Ich will versuchen an Hand von Zahlen und sonstigen Betriebsergebnissen darzulegen, wie weit die einzelnen Systeme, denen jedesmal eine bestimmte mustergültige Anlage zugrunde liegt, als zweckentsprechend betrachtet werden können.

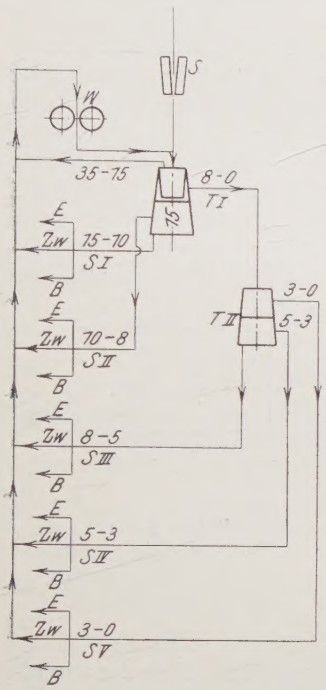
Bei der naßmechanischen Aufbereitung von Rohspat wird das geförderte Erz, wie es aus der Grube kommt, auf der Halde einer sorgfältigen Handscheidung unterzogen. Die unreinen Stücke werden auf die Halde gestürzt, nachdem vorher alles Erz soweit wie möglich mittels Stuff- und Scheidhämmer entfernt ist. Bei der betreffenden Grube, die hier als Beispiel dient, wird dieses Verfahren besonders begünstigt durch den Umstand, daß das Erz meistens von Grauwackenschiefer durchwachsen ist, der sich von der hellen Farbe des Spateisensteins stark abhebt. Sämtliches Erz unter 65 mm — das Grubenklein — geht in die naßmechanische Aufbereitung, und zwar ohne jede vorherige Zerkleinerung und Aufschließung.

Aus beiliegender Skizze ersieht man den Arbeitsgang der Aufbereitung. Sämtliches Rohhaufwerk geht durch die Läutertrommel, in der es von anhaftendem Lehm und Letten gereinigt und gleichzeitig in drei Korngrößen klassiert wird. Die beiden gröberen von 65 bis 40 und 40 bis 22 mm werden auf rotierenden Klaubtischen abgebraust und von jugendlichen Arbeitern sortiert. Der Trommeldurchfall von 22 bis 0 mm wird in der weiteren Anlage sorgfältig klassiert und in Harzer Setzmaschinen mit Durchsetzsieb und Graupenbett in drei Produkte zerlegt, und zwar in eine erste und zweite Sorte und Berge. Die zweite Sorte wird der ersten beigegeben. Die feinen Schlämme werden nicht aufbereitet und gehen verloren, weil sie bei der jetzt herrschenden Röstmethode sich nicht verwenden lassen. Aus demselben Grunde ist auch von einer Zerkleinerung der Zwischenprodukte abgesehen, da ohnehin die Menge des ganz heeren Spates schon zu groß ist. Die Analyse eines guten Durchschnitts sämtlicher Fertigprodukte und Berge ergab: R 3,7%, Mn 7,16 %, Fe 34,75 %. Die Berge hatten einen Metallgehalt von nur 5 %. Das Ausbringen beträgt ungefähr 91 % der Aufgabe. Der Kraftverbrauch stellt sich äußerst gering, da keine Zerkleinerungsmaschine in Tätigkeit ist. Die Anlage verarbeitet ungefähr 80 t in 10 Stunden bei einem Kostenaufwand von 1,05 ℳ auf die Tonne Rohmaterial oder 1,15 ℳ auf die Tonne Fertigprodukt.

Wird der Rostspat einer Aufbereitung unterzogen, so werden die verwachsenen derben Erzstücke, soweit sie überhaupt eine Aufbereitung verdienen

und nicht den ganzen Betrieb unnötig belasten und daher von vornherein auf die Halde gehören, für sich geröstet und gehen sämtlich in die Aufbereitung. Außerdem werden aus dem übrigen Rost die verwachsenen Stücke, wohl wegen des weißen porzellanartigen Aussehens der geglühten Kieselsäure, „Knochen" genannt, ausgekuttet und dem anderen Aufbereitungsmaterial beigegeben.

Der Arbeitsgang in der naßmechanischen Aufbereitung (Skizze 2) ist gegenüber der oben beschriebenen Anlage bedeutend erweitert. Zunächst wird sämtliches Rohhaufwerk in einem Steinbrecher auf ungefähr 35 mm gebrochen, mittels Becherwerk in Klassiertrommel 1 gehoben und dort in drei Korngrößen getrennt. Der Ausfall über 15 mm geht zur Walzenmühle zum weiteren Aufschließen und von dort wieder in Trommel 1 zurück. Der Austrag wird weiter klassiert und, wie aus der Skizze ersichtlich, auf Kolbensetzmaschinen separiert. Die Zwischenprodukte sämtlicher Setzmaschinen gehen zwecks Aufschließung zur Walzenmühle und von dort zurück nach Trommel 1. Hierdurch wird wohl ein reineres Konzentrat erreicht, aber auch der Prozentsatz des heeren Erzes in bedenklicher Weise gesteigert. Die Schlämme werden in Klärteiche geleitet. Die Setzmaschinen arbeiten sehr gut, leider sind die Berge mit durchschnittlich 24 % Metall zu unrein. Dieses ungünstige Resultat wird zum großen Teil nicht durch die Aufbereitungsanlage als vielmehr durch den Röstbetrieb verursacht. Bekanntlich arbeiten die Setzmaschinen um so besser, je einheitlicher das Korn und je verschiedener das spezifische Gewicht des getrennten Materials ist. Nichts wirkt nun ungünstiger auf den Betrieb mit Setzmaschinen als die Sinterprodukte aus den Röstöfen. Es bilden sich bei zu heißem Gange des Ofens mit Koks und Gangart zusammengesinterte Erzstücke, die infolge ihrer schwammigen Struktur ein geringes spezifisches Gewicht besitzen und deshalb beim Separieren unweigerlich in die Berge gehen, obwohl sie einen verhältnismäßig hohen Metallgehalt besitzen. Außerdem bewegt sich in den Zwischenprodukten viel totes Material, das die Leistungsfähigkeit der Anlage herabdrückt. Es werden ungefähr 33 t Rohhaufwerk in 10 Stunden zu 12 bis 13 t Konzentrat verarbeitet bei Gestehungskosten von ungefähr 2,60 ℳ pro Tonne Fertigprodukt.



Skizze 2.

Die bis jetzt errichteten elektromagnetischen Aufbereitungsanlagen für Spateisenstein hatten ursprünglich den Zweck, die alten Haldenbestände mit noch ungefähr 35 % Metall aufzubereiten. Bald wurden dieselben aber auch nebenher dazu benutzt, die Ausschläge aus dem Rost auf einen hohen Metallgehalt anzureichern, welchem Zweck sie heute ausschließlich dienen. Die ältesten Anlagen dieser Art, die noch heute im Betriebe sind, wurden von der Firma Krupp Grusonwerk ausgeführt. Der Apparat System Forsgren besteht aus zwei konzentrischen Ringen, in die Keile aus weichem Eisen so zwischen Zement eingebettet sind, daß sich die spitzen Enden gegenüberstehen. Diese Ringe sind zwangläufig miteinander verbunden und laufen durch vier Elektromagnete, wodurch die jeweilig sich im Felde befindlichen Eisenteile als Sekundärpole magnetisch erregt werden. Das aufzubereitende Gut wird zwischen den beiden Ringen aufgegeben. Die Berge fallen gleich durch. Die Zwischenprodukte werden eine Strecke lang mit fort getragen, bis die Sekundärpole ihren Magnetismus zum Teil wieder verlieren, sobald sie sich aus dem Kraftfeld der Primärmagnete entfernen; der reine Eisenstein fällt erst zuletzt ab. Es ist so leicht möglich, die drei Produkte getrennt von einander aufzufangen und ihre Menge und auch Gehalt zu regulieren.

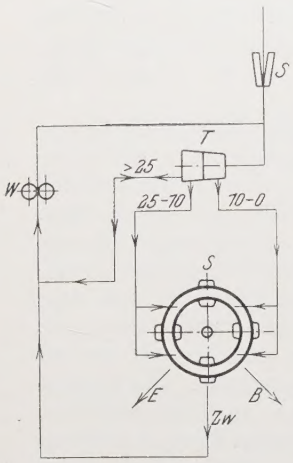
Der Arbeitsgang einer solchen Anlage ist folgender: Die größten Ausschläge werden im Steinbrecher zerkleinert und in einer Trommel in die Korngrößen 0 bis 10 und 10 bis 25 mm klassiert. Der Trommelaustrag geht durch eine Walzenmühle in die Trommel zurück. Der Trommeldurchfall, 0 bis 10 und 10 bis 25 mm, wird mittels Transportband zum Separator und diesem mittels gut regulierbarer Aufgabevorrichtung zugeführt, in der Weise, daß links das grobe und rechts das kleinere Korn aufgegeben wird. Die Zwischenprodukte gelangen zum weiteren Aufschluß ins Walzwerk und von hier aus wieder nach der Klassiertrommel. Ein

* Gelegentlich der Beobachtung dieser Anlage versuchte ich, das Arbeiten sämtlicher Setzmaschinen auf die Güte der Konzentrate und Reinheit der Berge zu untersuchen und in Zusammenhang mit der Korngröße zu bringen. Es ergaben sich für die einzelnen Setzmaschinen folgende Zahlen:

	Setzmaschine	Erz Fe %	Erz Mn %	Erz R %	Berge Metall %
1.	15—10 mm	46,17	7,36	8,83	24,64
2.	10— 8 „	49,59	7,62	8,20	26,31
3.	8— 5 „	52,31	8,31	5,17	16,92
4.	5— 3 „	52,65	8,40	5,31	24,01
5.	3— 0 „	47,07	7,60	9,90	29,05

Am besten scheinen sich die mittleren Korngrößen von 8 : 3 mm für den Betrieb zu eignen, was ich auch aus der Beobachtung einer anderen derartigen Anlage schließen zu können glaube.

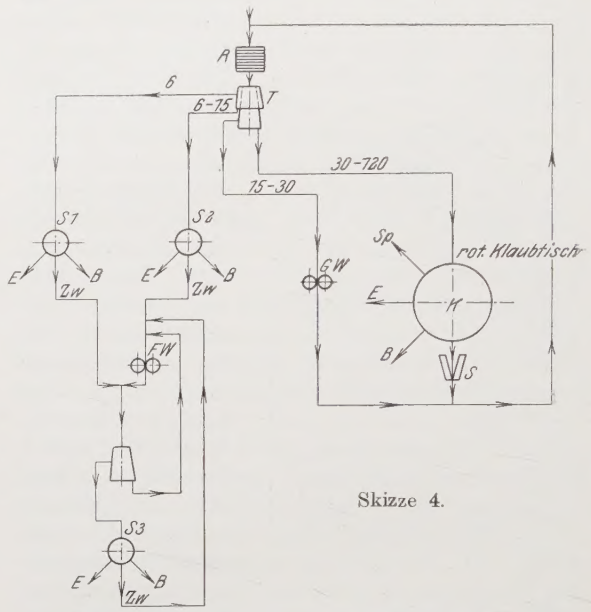
Apparat verarbeitet ungefähr 50 t Rohmaterial in 10 Stunden. Das Rohhaufwerk hat einen Metallgehalt von ungefähr 45 %, das Fertigprodukt 58 %, die abgehenden Berge noch über 20 % (bisweilen über 25 %).* Die Kosten für eine Tonne zu verarbeitendes Rohhaufwerk belaufen sich auf ~ 90 Pf. oder beim Ausbringen von 70 % auf 1,28 ℳ f. d. t Fertigprodukt. Auffallend ist der große Metallgehalt der Berge, welcher zum Teil in ungerösteten oder nicht genügend gerösteten Spatstücken seine Begründung findet, sodann aber auch besonders in der mangelhaften Klassierung des Aufgabegutes. Die elektromagnetischen Erzscheider sind noch weit empfindlicher gegen ungenügende Trennung des Materials in Korngrößen als Setzmaschinen. Für eine bestimmte Korngröße soll der Magnet auch bestimmt stark erregt sein, was mit abnehmender Korngröße ebenfalls abnehmen soll. Ist z. B. der Magnet schwach erregt, so gehen große Stücke Erz, die etwas mit Gangart verwachsen sind und eigentlich zum Mittelprodukt gehören, mit in die Berge, indem sie infolge ihrer Masse das schwache Feld durchfallen. Sind umgekehrt die Magnete für ein größeres Korn entsprechend stark erregt, so gehen kleine verwachsene Stücke mit ins Konzentrat und verringern dessen Metallgehalt. Außerdem kommen bei diesem Apparat leicht Einschlüsse vor, kleine unreine Teile werden von metallreichen Körnern eingeschlossen und geraten so ins Fertigprodukt. Alle diese Nachteile fallen bei den neuesten Erzscheidern von Krupp, System Ullrich, weg. Dieses System ist bis jetzt erst im Siegerland im Betrieb zur Scheidung von Kupferkies von Rohspat, noch nicht zur Anreicherung von Spateisenstein, so daß leider noch keine Betriebsergebnisse vorliegen.



Skizze 3.

An vierter Stelle sei eine Anlage beschrieben, die von der Firma Humboldt ausgeführt ist. Das Rohhaufwerk geht durch einen Rost von 120 mm Stabweite in eine Trommel, in der es in die drei Korngrößen 0 bis 6, 6 bis 15 und 15 bis 30 mm getrennt wird. Der Trommelaustrag, 30 bis 120 mm, geht zu einem rotierenden Klaubtisch, dort werden gute Spateisensteine, ungenügend geröstete Stücke und sehr verwachsene Knochen, die einer Verarbeitung nicht wert sind, für sich ausgeklaubt. Der Rest wird mittels eines feststehenden Krählarmes abgestrichen, gelangt zum Steinbrecher und von dort zur Klassiertrommel zurück.

Die Korngröße 15 bis 30 mm geht sofort zum Grobwalzwerk und von dort ebenfalls zur Klassiertrommel zurück. Die Sorten von 0 bis 6 und von 6 bis 15 mm werden in den drei Separatoren verarbeitet, wie dies aus der beigefügten Skizze hervorgeht. Die Zwischenprodukte der Apparate 1 und 2 werden in einem Feinwalzwerk weiter aufgeschlossen



Skizze 4.

und sodann Separator 3 zugeführt. Eine der wesentlichsten Vorzüge dieser Anlage besteht in der Einschaltung eines Klaubtisches. Gute große Erzstücke werden ausgeklaubt und einer unnötigen Zerkleinerung entzogen, ungenügend geröstete Stücke werden ausgehalten, weil dieselben sonst unbedingt in die Abgänge und damit verlustig gingen. Knochen, die von vornherein keine lohnende Verarbeitung versprechen, sollen den Betrieb nicht unnötig belasten; sie kommen sofort auf die Halde. Die Bedienung eines Klaubtisches geschieht durch vier bis fünf jugendliche Arbeiter, so daß die Erhöhung der Betriebskosten keine wesentliche ist; jedenfalls macht sich die Arbeit reichlich bezahlt. Der Separationsapparat besteht aus einer Aufgabetrommel und einer Magnettrommel. Die Magnettrommel, die weiche, nach außen sich zuschärfende Eisenkeile, die Sekundärpole, trägt, rotiert um einen feststehenden Elektromagneten, der exzentrisch in die Trommel eingebaut ist und somit nur einen Teil derselben erregt. Die beiden Trommeln bewegen sich gegeneinander. Die magnetisch erregte Trommel hebt von der Aufgabetrommel die erregbaren Teile ab, während die tauben Berge nicht aus ihrer Bahn gebracht werden und sofort herunterfallen. Die Se-

* Die Reinheit der Berge schwankte zwischen 26,29 und 21,23 % Metall, wie sich aus Analysen ergab, die ich von in großen Zeitzwischenräumen selbst entnommenen Proben anfertigte. Der Wert für die Konzentrate ist ein Durchschnittswert von Analysen verschiedener Proben, die ich gleichzeitig mit denen der Berge entnahm. Die Konzentrate änderten ihre Zusammensetzung während dieser Beobachtungszeit wenig.

kundärpole, an denen die metallhaltigen Teile haften, entfernen sich wieder aus dem Magnetfeld, es fallen zuerst Zwischenprodukte und zuletzt hochprozentige Erze ab. Die drei Apparate sind entsprechend den zu verarbeitenden Korngrößen verschieden stark erregt, und zwar bei einer Stromspannung von 70 Volt Apparat 1 mit 6 Amp, Apparat 2 mit 5 Amp, Apparat 3 mit 4 Amp. Die Kosten für die Tonne Fertigprodukt belaufen sich auf 2,46 ℳ bei einem Ausbringen von 71 %. Während einiger Wochen, in denen ich die Anlage beobachtete, schwankte der Metallgehalt zwischen 59 und 60 % bei einem Rückstand von 9 bis 9,5 %. Die Zwischenprodukte von Apparat 3, die schließlich auch gezogen und dem Konzentrat beigegeben werden, hatten einen durchschnittlichen Metallgehalt von 56 bis 57 % bei 12 bis 13 % R. Die Reinheit der Berge wechselte zwischen einem Gehalt von 18 bis 20 % Metall. Die Leistung der Anlage beträgt 60 t Rohhaufwerk in 10 Arbeitsstunden.

kamen, war die Ansicht wohl nicht allzu selten vertreten, daß von nun an die alte Setzmaschine von dem neuen Separator in den Hintergrund gedrängt werde und über kurz oder lang von der Bildfläche verschwinden müsse. Bis heute ist der Stab über sie aber noch nicht gebrochen, im Gegenteil steht die Frage noch offen, was bei der heutigen Handhabung der Aufbereitung im Siegerland zweckentsprechender ist, Setzmaschine oder elektromagnetischer Separator, vorausgesetzt, daß nicht ganz bestimmte Gründe die Wahl des letzteren erzwingen, wie Platzmangel für Klärteiche, Mangel an Waschwasser, Weitertransport mittels Seilbahn, was ein Gefrieren der nassen Produkte im Winter zur Folge haben würde u. a. Auf der Darstellung des Arbeitsganges der naßmechanischen Aufbereitung von Rostspat sind zu den einzelnen Setzmaschinen die Analysen der separierten Erze und Abgänge angegeben. Die Konzentrate der mittleren Setzmaschinen 3 und 4 sind sehr günstig, das Gesamt-

Art der Anlage	Leistung in t Arbeitszeit in st	Kraftverbrauch PS für Antrieb	= ℳ pro t	Stromverbrauch für Erreger	= ℳ pro t	Arbeitslöhne pro t ℳ	15 % Amortisation und Verzinsung pro t	Schmiermaterial u. Generalunkost. pro t	Metallgehalt von Rohhaufwerk %	Metallgehalt von Fertigprodukt %	Metallgehalt von Berge %	Gesamtunkosten pro t Rohhaufwerk	pro t Fertigprodukt	Ausbringen in %	Ausbringen an Metallgehalt
Naßmechanische															
Aufbereitung . .	60	10	0,07	—	—	0,75	0,125	0,10	39	41,56	5	1,05	1,15	91	90
von Rohspat . . .	10 st	—	—	—	—	—	(15 000 ℳ)	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	auf Rost bezogen			—	—	—	~ 56	~ 60	~ 7,4	1,52	1,67	—	—
	33	25	0,32	—	—	0,70	0,15	0,05	35	56	24	1,22	2,60	38	64
von Rostspat . .	$10^1/_2$	—	—	—	—	—	(10 000 ℳ)	—	—	—	—	—	—	—	—
Elektromagnetische															
Aufbereitung . .	100	15	0,08	19 KW	0,015	0,50	0,20	0,10	48	58	über 20	0,89	1,28	70	84
Bauart Gruson . .	10 st	—	—	—	—	—	(40 000 ℳ)	—	—	—	—	—	—	—	—
	60	45	0,38	105 KW	0,01	0,57	0,55	0,15	40	59	20	1,66	2,46	48	71
Bauart Humboldt	10 st	—	—	—	—	—	(65 000 ℳ)	—	—	—	—	—	—	—	—

Bevor ich die vier verschiedenen Anlagen auf ihre Zweckmäßigkeit hin vergleiche, sei kurz vorausgeschickt, welche Ansprüche an eine gute Aufbereitungsanlage gestellt werden müssen. Der Bergmann wünscht große Leistungsfähigkeit bei möglichst geringen Betriebskosten, hohe Konzentrate und möglichst reine Abgänge. Dazu kommt als eine der Hauptforderungen die des Hüttenmannes, nämlich möglichst grobes Korn neben hohem Metallgehalt. Alle diese Forderungen in einem System erfüllt zu sehen, ist ganz unmöglich. Es ließe sich z. B. wohl ein Fertigprodukt herstellen mit einem sehr geringen Rückstand bei grobem Korn, wenn nicht an die Abgänge die Bedingung möglichster Reinheit gestellt wäre usw.

Die elektromagnetische Anlage mit Erzscheider System Forsgren arbeitet billig und setzt auch eine bedeutende Menge Erz durch, jedoch befriedigt die Reinheit der Abgänge nicht sehr. Eine unnötige Zerkleinerung des Gutes wird bei der Anlage von Humboldt verhindert, auch die Abgänge stellen mehr zufrieden, allein die Unkosten belaufen sich höher als bei eben genanntem System. Als die elektromagnetischen Erzscheider im Siegerlande auf-

resultat wird leider herabgedrückt durch die ungünstigen Zahlen von 1 und 5. Die Abgänge sind unrein, was aber zum großen Teil vom Röstbetrieb herrührt. Abgänge von anderen Anlagen mit derselben Arbeitsmethode hatten teilweise nur 11 bis 16 % Metallgehalt. Scheinbar sehr günstig und außer jedem Wettbewerb mit den anderen Anlagen arbeitet die beschriebene naßmechanische Aufbereitung von Rohspat. Betrachtet man jedoch das verarbeitete Rohhaufwerk, so finden die günstigen Resultate zum nicht geringen Teil dadurch ihre Erklärung, daß das meiste taube Gestein nach Möglichkeit bereits auf der Halde ausgehalten wird und gar nicht in die Aufbereitung gelangt, in der so das Grubenklein eigentlich zwecks einer besseren Röstung nur gewaschen und klassiert wird. Die feinen Schlämme gehen alle verloren. Immerhin arbeiten die Setzmaschinen sehr exakt, was aus der Reinheit der Berge hervorgeht, wie sie wohl selten bei anderen Anlagen gefunden werden dürfte. Sehr vorteilhaft stellt sich die Aufbereitung des Rohspates für den darauf folgenden Röstbetrieb, was bereits gelegentlich der Besprechung von Röstöfen erwähnt wurde, wobei allerdings der Verlust

der feinen Schlämme in Betracht gezogen werden muß, die sich für den Röstbetrieb in gewöhnlichen Röstöfen in sehr geringem Maße eignen. Bei der naßmechanischen Aufbereitung von Rost setzen sich ungefähr monatlich 30 t feine Schlämme in Klärteichen ab, die einen Metallgehalt von $\sim 40\,\%$ besitzen und nicht dem andern Erz beigegeben werden können, ohne dessen Wert zu vermindern. Da ferner die Feinkornsetzmaschinen nicht sehr günstig arbeiten, ließe sich wohl der Gedanke erwägen, ob ein Handinhandarbeiten von Setzmaschinen und elektromagnetischem Erzscheider nicht am Platze wäre, wobei der Separator mit nassem Verfahren die feinste Kornklasse, z. B. unter 3 mm und die Schlämme zu verarbeiten hätte.

Nach Vorstehendem zeigt jede der vorbeschriebenen Anlagen einen Vorteil vor der anderen, ohne daß man jedoch behaupten könnte, daß eine unter ihnen den Vorzug verdiente und allen Ansprüchen einigermaßen gerecht würde. Wie überhaupt die Anreicherung der Spateisensteine im Siegerland etwas stiefmütterlich behandelt und gewissermaßen als ein notwendiges Uebel betrachtet wird, so sind bis jetzt sämtliche Verfahren durchaus nicht dem Charakter des dort vorkommenden Eisensteines angepaßt. Fast ohne Ausnahme enthält der Siegerländer Spateisenstein Kupfer; Kupferkies befindet sich in einem feinen Zustande in dem Spat eingesprengt; es wäre daher doch Aufgabe einer guten Aufbereitung, neben einer Verminderung des Rückstandes im Erz eine möglichst gänzliche Beseitigung des Cu zu erstreben. Bei sämtlichen Anlagen findet aber bis jetzt das Gegenteil statt, der Cu-Gehalt wird dem des Eisens entsprechend angereichert. Bei der Setzmaschine fällt Cu infolge seines hohen spezifischen Gewichtes ohne weiteres mit ins Konzentrat, soweit es nicht in ganz kleinen Teilchen in taubes Gestein eingeschlossen ist und mit diesem in die Abgänge geht. Da Cu meistens als $Cu\,Fe\,S_2$ vorkommt, so entsteht beim Rösten unter Luftüberschuß ein Gemisch von $Cu\,O$ und $Fe_2\,O_3$, was beim Passieren des elektromagnetischen Feldes erregt, vom Elektromagneten angezogen wird und unter das Fertigprodukt gerät, vorausgesetzt, daß das Produkt genügend aufgeschlossen ist.

Proben von elektromagnetisch aufbereitetem Rostspat enthielten:

1.	50,3 % Fe	9,10 Mn	0,25 Cu
2.	48,4 „ „	8,7 „	0,23 „
3.	49,8 „ „	9,1 „	0,22 „

während die Durchschnittsprobe des ganzen Rostes

49,1 % Fe 8,95 Mn 0,20 Cu

enthielt.

In Schweden hat sich bereits seit längerer Zeit vielerorts ein Verfahren eingebürgert, mittels dessen die häufig anstehenden ärmeren Eisenerze verhüttungsfähig gemacht werden. Das Verfahren beruht darauf, daß sämtliches Erz auf max. 1 mm zerkleinert und elektromagnetisch aufbereitet wird. Das Fertigprodukt wird dann zu Formlingen gepreßt, die ein hochprozentiges, stückiges und daher sehr wertvolles Hochofenmaterial darstellen. Dieses schwedische Verfahren auch den Siegerländer Verhältnissen anzupassen, wurde bereits vor einigen Jahren von Herrn Direktor Dresler vom Cöln-Müsener Bergwerks-Aktienverein in Vorschlag gebracht; auch wurden diesem Verein bereits einige Patente erteilt, die sich hierauf beziehen. Seinerzeit wollten die Grubenbesitzer von einer allgemeinen Zerkleinerung des gesamten Fördergutes nichts wissen, auch waren die Erfahrungen, die man bis dahin im Brikettieren von Erzen gemacht hatte, noch recht wenig zufriedenstellend. Ob ein Zerkleinern und Aufbereiten mit nachfolgendem Brikettieren des ganzen Erzes bei den ohnedies schon hohen Förderkosten rentabel ist, ist eine Frage, die wohl ohne weiteres nicht bejaht werden kann. Hingegen ließe es sich wohl überlegen, ob nicht das Grubenklein allein und die besonders mit Gangart stark durchwachsenen derben Stücke eine solche Behandlung vertragen, so daß die betreffende Grube bei diesem Verfahren noch mit Verdienst arbeiten kann.

Als Beispiel diene eine Grube mit ungefähr 90 000 t jährlicher Förderung, was einer täglichen Förderung von 300 t entspricht. Das Verhältnis von reinem, derbem Erz zu Grubenklein sei 2 : 1; es wären also täglich ungefähr 100 t Grubenklein zu zerkleinern, zu rösten und aufzubereiten. Die Zerkleinerung könnte in einer Kruppschen Kugelmühle Nr. 8 geschehen, in der bis faustgroße Stücke ohne vorheriges Brechen im Steinbrecher aufgegeben werden können. Das Rösten dieses Grieses könnte natürlich nicht im gewöhnlichen Röstofen vorgenommen werden, besonders da dies möglichst unter Luftabschluß geschehen müßte. Es wurde bereits anfangs erwähnt, daß Spat, unter Luftabschluß geröstet, ein Röstprodukt ergibt, das sich in seinem Oxydationsgrad dem Eisenoxydul nähert, jedoch mit steigender Temperatur durch Zerlegen von CO_2 höher oxydiert wird. Versuche, die innerhalb der Temperaturgrenzen 500 bis 700° unternommen wurden, bestätigen dies. Fein zerkleinerter Rohspat — es wurden stark kupferkieshaltige Stücke zu dem Versuche ausgesucht — wurde in ein an beiden Seiten mit Deckeln zugeschraubtes gußeisernes Rohr gefüllt, welches in die Feuerung eines Dampfkessels eingemauert wurde. Gasproben, die an der einen Seite des Rohres entnommen wurden, zeigten einen CO-Gehalt, der von 9 % mit steigender Temperatur bis zu 18 % zunahm; ferner ergab sich, daß die Spate mit hohem Mn-Gehalt nicht so leicht das entstandene Kohlendioxyd zerlegten, was aus dem geringen Prozentsatz dieses Gases an CO hervorging. Ferner wurde bei einem Versuche derselben Art das sich bildende Gas eine halbe Stunde lang durch eine kleine Menge von $^1/_{100}$ n $KMnO_4$-Lösung geleitet, ohne daß sich dieselbe bei den verschiedenen Temperaturen entfärbt hätte. Es ist dieses als ein sicherer Beweis aufzufassen dafür, daß sich in dem Gasgemisch keine Spur von SO_2-Dämpfen befand. Mit anderen Worten, der Schwefel der im Spat reichlich vorhandenen Kupferkiese ist nicht verbrannt.

Da der Magneteisenstein seine hohe Permeabilität dem verhältnismäßig hohen Eisengehalt bzw. dessen niederer Oxydationsstufe verdankt und in dem unter Luftabschluß gerösteten Spat ein Material vorliegt, dessen Oxydationsstufe noch unter der des Magnetes liegt, so eignet letzterer sich in noch höherem Maße für magnetische Aufbereitung. Versuche, die seinerzeit mit solchem „magnetisierten" Material für den Cöln-Müsener Verein ausgeführt wurden, ergaben außerordentlich günstige Resultate.

Quantum	Roherz Fe %	Roherz SiO_2 %	Oxydationsgrad	vom Roherz %	Konzentrat Fe %	Konzentrat Mn %	Konzentrat SiO_2 %
ca. 8 t	46,08	12,08	91,9	81,2	53,82	10,99	3,68
„ 7 t	45,28	13,20	94,6	81,2	53,03	11,06	5,22
„ 7 t	42,10	17,68	94,8	76,6	51,03	11,00	6,62
„ 6 t	40,91	20,48	92,08	70,4	52,83	10,17	5,78
„ 5 t	42,30	17,43	94,2	71,1	53,42	10,88	5,00

Abgänge:

Quantum	% vom Roherz	% Fe	% Mn	Gewinnung an Fe + Mn %
ca. 8 t	18,8	12,51	2,60	94,8
„ 7 t	18,8	11,72	2,32	95,1
„ 7 t	23,4	10,73	1,89	94,3
„ 6 t	29,6	12,51	2,67	90,9
„ 5 t	28,9	13,90	3,12	92,1

Derartige befriedigende Resultate sind nur möglich, wenn das zu separierende Material gut aufgeschlossen ist. Sehr günstig wirkt natürlich auch die erhöhte Permeabilität, welche ihrerseits wieder aus dem Rösten unter Luftabschluß folgt. Leider sind bei diesen Ergebnissen keine Angaben über das Verbleiben des Kupfers, ob dasselbe ins Konzentrat oder in die Abgänge gefallen ist. Diese Lücke in der Versuchsreihe läßt sich jedoch leicht durch folgende Ueberlegung ausfüllen. Die Permeabilität von Sulfiden, speziell in diesem Falle von Kupferkies, stellt sich so gering, daß eine Scheidung von Rohspat auf elektromagnetischem Wege möglich ist, wobei der Spat den vom Magnet angezogenen Teil darstellt.* Wollte man die elektromagnetische Erregbarkeit in Zahlen ausdrücken, so ließe sich folgende Skala aufstellen, wobei gleiche magnetische Einheitswerte zugrunde liegen.

Weiches Eisen	100 000
Magnetit	40 000
Roher Spateisenstein	800

Unser Röstprodukt würde noch weit vor dem Magnetit einzureihen sein, nähert sich also hinsichtlich seiner Magnetisierbarkeit am meisten dem weichen Eisen. Da nun die Kupferkiese nach dem Rösten unter Luftabschluß, wenn auch nicht unverändert, so doch aber noch als Schwefelverbindungen vorliegen, anderseits bei der hohen Permeabilität des Rostspates die Erzscheider nur schwach erregt zu werden brauchen, muß theoretisch der Kupferkies oder Kupferglanz, mithin sämtliches Kupfer in die Abgänge fallen mit der einzigen Voraussetzung, daß das zu separierende Material genügend aufgeschlossen ist.

Einige Aufbereitungsversuche, die ich im Aufbereitungslaboratorium der Technischen Hochschule zu Breslau ausführte, bestätigen diese Behauptung. Verwendet wurde auf max. 1 mm zerkleinerter Spateisenstein, der nach der auf Seite 10 beschriebenen Methode unter Luftabschluß geröstet war. Zu den Versuchen diente ein elektromagnetischer Erzscheider von Humboldt — der bekannte Kreuzbandtyp. Als ein Zeichen für die hohe Permeabilität des Aufbereitungsgutes möge der Umstand dienen, daß die Gummiquerbänder bei Erregung des Magneten mit einer Stromstärke von 1 Amp (220 Volt) nicht imstande waren, das aufbereitete magnetische Produkt aus dem Kraftfeld des Magneten zu bringen. Erst nach Einschaltung des größten Widerstandes bei einer Stromstärke von etwa 0,1 Amp gelang es, eine Anhäufung des Spates an den Polen zu verhindern, wobei immerhin das Rohmaterial sehr vorsichtig aufgegeben werden mußte, weil sonst zu leicht Einschlüsse vorkamen, die die Qualität der ersten Konzentrate bedeutend herabminderten. Der Erzscheider zerlegte das Rohhaufwerk in sechs Produkte und Abgänge. In folgender Tabelle sind die Analysen derselben und ihre Mengenverhältnisse in Prozenten des Rohhaufwerkes angegeben. Bei den ersten drei Produkten, die hauptsächlich in Betracht kommen, sind die Werte auf einen Oxydationsgrad von 100 umgerechnet, als ob Fe und Mn sich in derselben Oxydationsstufe befänden, in der sie später in den Briketts vorkommen.

	% Fe	% Mn	% Cu	% R
Rohmaterial	36,41	10,54	0,395	15,47

Nr.	Gew.-%	Analyse % Fe	Mn	R	Cu	Fe + Mn	
1	37	48,01	13,93	5,02	0,07	61,94	84,3 % Ausbringen
2	5	47,86	13,83	8,02	0,08	61,69	
3	23	49,84	14,46	4,4	0,08	64,30	
4	2,1	37,06	10,94	13,00	0,60	48,06	
5	3,8	33,34	9,64	14,37	0,625	42,98	
6	1,25	31,41	9,11	15,44	0,801	40,52	
Abgänge	28	10,98	3,2	—	1,01	14,18	

Ein Vergleich der Kupfergehalte zeigt deutlich, daß ein Reinigen des Rostspates von Cu durch die magnetische Aufbereitung bis zu einem gewissen Grade wohl möglich ist. Daß ein vollständiges Ausscheiden des Cu nicht stattfindet, liegt daran, daß sehr viel Kupferkies in ganz kleinen Körnchen in den Spat eingesprengt vorkommt. Die Produkte 4, 5 und 6, die von dem ganz tief geschraubten Pol ausgehoben wurden, hatten ein grobes Korn, waren zudem ungenügend geröstet, was schon aus ihrem verhältnismäßig geringen Gehalt an unlöslichem Rückstand hervorgeht. Die Produkte 1, 2 und 3 machen zusammen 65 % des gesamten Rohhaufwerks aus und enthalten bei einem durchschnittlichen Metallgehalt von $\sim$ 63 % beinahe 85 % des sämtlichen aufgegebenen Metalls. Wenn auch eine vollständige Entfernung des Cu aus diesen Konzentraten nicht erzielt wurde, so ist immerhin eine

* Hierauf beruht ein Verfahren, das seinerzeit in Krompach zur Aufbereitung von ungarischen Spateisensteinen und Trennung von dem reichlich im Spat vorkommenden Kupfer (0,7 %) ausprobiert wurde. (Centralblatt der Hütten- und Walzwerke 1907, Nr. 17.)

bedeutende Verringerung des Cu-Gehaltes zu verzeichnen, was um so willkommener ist, als bei sämtlichen bisherigen Aufbereitungsmethoden von Spateisenstein eine Anreicherung an Kupfer stattfindet. Eine Verarbeitung der Rückstände auf Kupfer möchte sich bei einem Gehalte von $\sim$ 1% nicht lohnen, da Cu nicht als Sulfat vorliegt, und ein Auslaugen, welches wohl allein in Betracht käme, ohne nochmaliges Rösten nicht möglich ist. Außerdem sei noch bemerkt, daß der durchschnittliche Kupfergehalt der Siegerländer Spateisensteine im allgemeinen 0,4% nicht erreicht, bei den Versuchen also ein verhältnismäßig stark kupferhaltiges Material vorlag.

Die Frage, in welchem Ofen der feingemahlene Spat unter Luftabschluß geröstet werden kann, ist nur eine konstruktive. Sehr nahe liegt die Konstruktion eines Agglomerierofens, einer langen mit feuerfesten Steinen ausgemauerten Blechtrommel, die bei einer geringen Neigung von vielleicht 4% um ihre Längsachse rotiert und von innen geheizt wird. Ein derartiger Ofen wird auf einer Anlage im Siegerland zum gleichzeitigen Rösten und Agglomerieren von Rohspat benutzt. Im vorliegenden Falle freilich müßte die Feuerung eine andere sein, damit außer einer Röstung kein Agglomerieren stattfindet. Als elektromagnetischer Separator würde bei der Feinheit des Rohmaterials ein solcher für nasses Verfahren sich am besten eignen. Die ganze Aufbereitung würde sich äußerst einfach gestalten, da jede Zerkleinerung fortfällt.

Um dem so zerkleinerten und aufbereiteten Rostspat eine großstückige Form zu geben, kommen zwei Verfahren in Betracht, das Agglomerations- und Brikettierungsverfahren. Das Agglomerationsverfahren liefert sehr dichtes Material, was beim Hochofenbetrieb zu berücksichtigen bleibt. Die Gestehungskosten pro Tonne sind ungefähr dieselben wie bei dem im folgenden beschriebenen Brikettierungsverfahren nach Gröndal.

Der geröstete und aufbereitete Gries wird angefeuchtet und mittels Maschine ohne jedes Bindemittel zu Formlingen gepreßt. Diese werden locker auf Wagen aufgebaut und zum Brennen in Kanalöfen gefahren. Die dort herrschende Temperatur darf die Schmelztemperatur des Spates nicht erreichen, muß sich vielmehr auf das Intervall zwischen dieser und der Sintertemperatur des Materials, also von 1100 bis 1400° beschränken. Die Atmosphäre im Kanalofen darf keine reduzierende sein, vielmehr muß der Luft reichlich Zutritt gewährt werden, damit sämtliches FeO, das sich in beträchtlicher Menge im Erz vorfindet, vollständig zu Fe_2O_3 oxydiert wird. Die fertigen Briketts besitzen eine sehr hohe Festigkeit, Versuche ergaben eine solche von 300 kg/qcm, außerdem eine große Porosität, sie absorbieren ungefähr 25 Volumprozent Wasser, eignen sich infolgedessen in hervorragender Weise für den Hochofenbetrieb. Der Gestehungspreis der Briketts wird unverhältnismäßig hoch durch die immerhin teuren Anlagen, die zu verzinsen und zu amortisieren sind. Die Unkosten verteilen sich ungefähr pro Tonne Briketts:

auf Zerkleinern	1,20 ℳ
Rösten	1,— „
Aufbereiten	1,20 „
Brikettieren	3,— „
	6,40 ℳ

Dazu kommen noch die Grubenkosten in Höhe von 8 bis 10 ℳ, so daß sich die Tonne Rostbriketts auf etwa 15 bis 17 ℳ beläuft. Nach der Preisnormierung für Siegerländer Spateisensteine durch den Eisensteinverein beträgt der Wert solcher Briketts mit etwa 53 Fe, 11 Mn und 5 R 20 ℳ* die Tonne, womit der wirkliche Wert aber nicht annähernd erreicht wird. Es seien hier nur die Hauptvorteile dieses Materials hervorgehoben. Spate, die auf gewöhnliche Weise geröstet werden, zerfallen hierbei leicht und sind oft so rieselig, daß die kleinen Rostkristalle die Hochofenbeschickung schnell durchlaufen und unreduziert vor die Formen kommen. Sodann gehen wesentliche Mengen des Spates mit den Gichtgasen fort. Ganz abgesehen davon, daß die Reinigung der Gase beträchtlich verteuert wird, darf man den Verlust an Fe keineswegs unterschätzen. Auf einer Hütte des Siegerlandes wurde der Verlust, der infolge des Fortblasens von heerem Rostspat durch die Gicht verursacht wurde, mit 3,7% auf Fe bezogen angeschlagen. Alle diese Mißstände fallen beim Verblasen von Rostbriketts fort. Da der Rückstand in diesem Material nur sehr gering ist, so kommt der hohe Mn-Gehalt, der die Siegerländer Spate vor allen anderen auszeichnet und auf ein Verhütten von Mn-haltigen Eisensorten hindrängt, erst so recht zur Geltung. Mit einem Erz, das einen so hohen Metallgehalt besitzt, bei einem Rückstand von nur 5%, läßt sich leicht ein Spiegeleisen mit 13 bis 14% Mn erblasen, ohne daß irgend ein Zuschlag von Mn-Erzen benötigt wird. Außerdem sei hier nochmals erwähnt, daß die Briketts annähernd frei von Kupfer sind. Ferner eignen sich die Rostbriketts mit ihrem geringen SiO_2-Gehalt für den Siemens-Martinbetrieb und es wäre ihnen dank ihrer Qualität und Preiswürdigkeit ein leichtes, die ausländischen Magneteisensteine von den Prozessen, bei denen es nicht auf hohen P-Gehalt ankommt, zu verdrängen. Schließlich ermöglicht der hohe Metallgehalt einen weiten Transport, z. B. nach Oberschlesien, wohin bei den bestehenden hohen Tarifsätzen von 110 ℳ/10 t bislang die Siegerländer Spate nicht versandfähig waren.

Herrn Professor Oskar Simmersbach in Breslau bin ich für seinen Rat und seine Unterstützung bei Anfertigung dieser Arbeit besonderen Dank schuldig, desgleichen Herrn Professor Friedrich in Breslau anläßlich der Durchführung meiner Versuche im Breslauer Aufbereitungslaboratorium und nicht minder Herrn Hüttendirektor Dresler in Creuzthal für seinen Rat und seine Beihilfe.

* Preise für Rostspat (Sommer 1911)

48% Fe 9% Mn 12% R	165 ℳ 10 t	± 3 ℳ ± % Fe + 1 ℳ 0,25—1,15 1% Cu ± 6 ℳ ± % Mn + 2 ℳ 0,15—0,10 1% Cu ± 1 ℳ ∓ % R + 3 ℳ 0,10—0,00 0% Cu

Lebenslauf des Verfassers.

Geboren am 16. Februar 1885 zu Cochem a. d. Mosel als der Sohn des Oberförsters Harnickell besuchte ich zuerst dortselbst die Bürgerschule, dann das Gymnasium zu Trarbach und von Neujahr 1906 ab das Gymnasium zu Schleusingen in Thür., an dem ich zu Michaelis desselben Jahres die Reifeprüfung bestand. In meinen beiden ersten Semestern — Winter 1906/07 und Sommer 1907 — studierte ich an der Technischen Hochschule zu Hannover Chemie. Herbst 1907 ging ich an die Technische Hochschule zu Charlottenburg, wo ich mich als Studierender der Eisenhüttenkunde einschreiben ließ und Mai 1911 meine Diplomprüfung ablegte. Im Sommerhalbjahr 1909 war ich zwecks Erledigung eines Teiles meiner praktischen Tätigkeit beurlaubt. Praktisch gearbeitet habe ich auf der Königshütte, Burbacherhütte (bei Saarbrücken) und Carlshütte (bei Diedenhofen i. Lothr.). Im Sommer 1911 hielt ich mich zur Anfertigung meiner Doktorarbeit im Siegerland auf.

Literatur.

Stahl und Eisen.
Ledebur: Handbuch der Eisenhüttenkunde.
Knaff: Geschichte der Siegerländer Eisenindustrie.
Bartsch: Vortrag, gehalten 1907 im „Berggeist" zu Siegen.

Gedruckt bei August Bagel, Düsseldorf.